




FELSZÍNHŐMÉRSÉKLETI MÉRÉSEK BUDAPEST XI. KERÜLETÉBEN

Dezső Zsuzsanna⁽¹⁾ , Rumpler Dániel⁽²⁾, Pongrácz Rita^(1,3) , Bartholy Judit^(1,3) 

⁽¹⁾ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

⁽²⁾ELTE Környezettudományi Centrum, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

⁽³⁾ELTE TTK Kiválósági Központ, 2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.

e-mail: dezsoszuzsi@caesar.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu, bartholy@caesar.elte.hu

Bevezetés

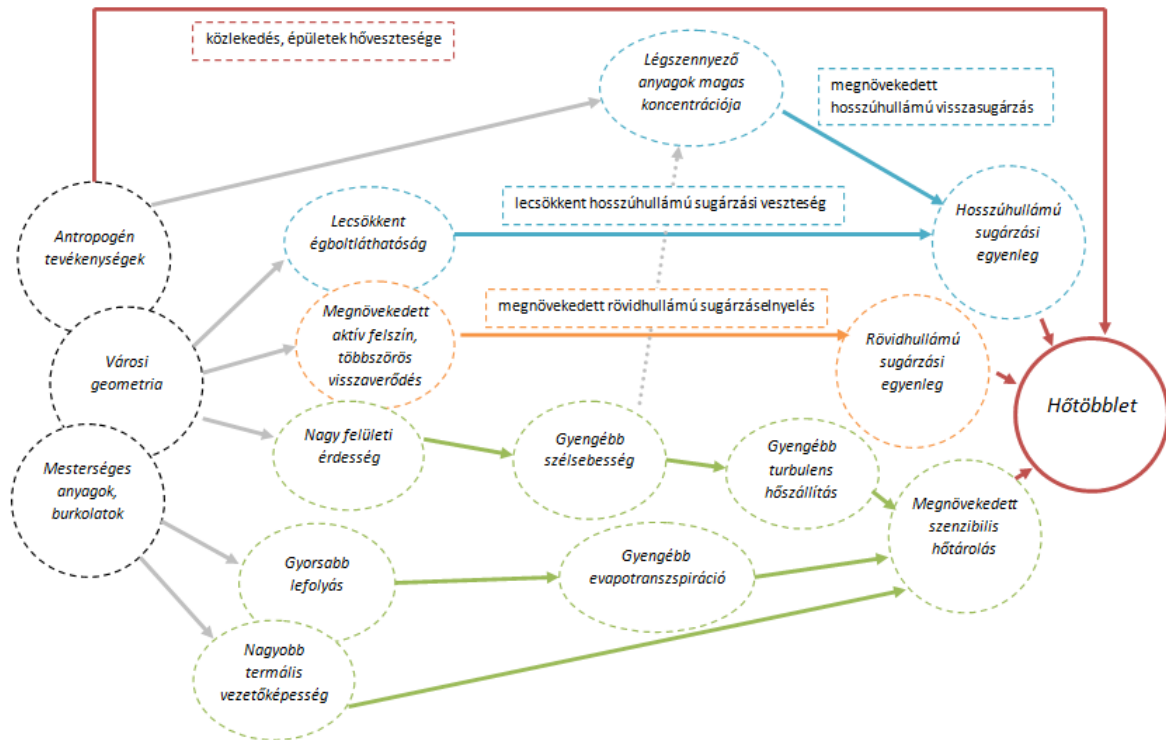
Közismert tény, hogy a városokban az emberi tevékenység következtében jellegzetes klimatikus viszonyok alakulnak ki. A napjainkban zajló városklíma-kutatások során egyre inkább előtérbe kerülnek azok a vizsgálatok, melyek eredményeit a várostervezéssel, építészettel foglalkozó szakemberek és a települési döntéshozók közvetlenül is hasznosítani tudják.

Ezzel a céllal jött létre pár éve egy hosszú távú együttműködés az ELTE Meteorológiai Tanszéke és Újbuda Önkormányzatának Környezetvédelmi Osztálya között. Az együttműködés keretében a tanszék hallgatói és oktatói rendszeresen végeznek expedíciós hőmérséklet-méréseket a főváros XI. kerületében, hogy ezzel a városi hősziget-hatást detektálják. Hasonló célokat szolgálnak a kerületi óvodákban elhelyezett hőmérők mérései is. Korábbi kutatásainkhoz kapcsolódva (Dezső et al., 2005) műholdas adatok felhasználásával is elemezzük a kerület felszínhőmérsékleti viszonyait. 2018 nyarán pedig egy olyan expedíciós mérés-sorozatra is sor került, melynek keretében különböző anyagú városi felületek felszínhőmérsékletét mértük infrahőmérő alkalmazásával. E méréssel információt kívántunk szerezni a különféle városi felszínek, tereptárgyak (burkolatok, falak, használati tárgyak) termikus tulajdonságairól, hogy ezzel következtetéseket tudjunk levonni arra vonatkozóan, mely felületek alkalmasak a városi hősziget hatásának enyhítésére. E vizsgálat eredményeit mutatjuk be ebben a tanulmányban.

A városi klíma

A települések területén kialakuló sajátos éghajlati viszonyokat nevezzük összefoglalóan városklímának. Az antropogén beavatkozás hatására kialakuló speciális klíma egyik jellegzetes eleme az a számos forrásból eredő hőmérsékleti többlet, melyet összefoglalóan városi hőszigetnek nevezünk (Landsberg, 1981). E hőtöbblet lehetséges okait, valamint kialakulásának komplex folyamatát mutatja be az *1. ábra*. A hősziget kialakulásáért alapvetően a városokban zajló változatos emberi tevékenység, a mesterséges anyagok, burkolatok használata, valamint a jellegzetes városi felszíngeometria felelős. Ezek hatására mind a rövid-, mind a hosszúhullámú sugárzási egyenleg módosul, valamint a városkörnyéki területekhez képest megnő a szenzibilis hőtárolás aránya. E hatás erősségét számos tényező befolyásolja, függ a napszaktól, az időjárási helyzettől, a város méretétől, a beépítettségtől és a felszín anyagától (Oke, 1982).

A városi hősziget hatása sokféle módon mérsékelhető, e stratégiák közé tartozik a klímatudatos város- és forgalomtervezés, a megfelelő városi geometria kiépítése, a ventilációs folyosók biztosítása, a zöldfelületek arányának növelése, a parkosítás, a zöldtetők és zöldfalak alkalmazása, az optimális albedójú burkolatok és építőanyagok használata, valamint a vízfelületek növelése (Ongjerth et al., 2011).



1. ábra: A városi hősziget kialakulásának okai
(Rumpler, 2018; Probáld, 1965 és Oke, 1988 nyomán).

A mérési helyszínek és módszerek bemutatása

Újbuda Budapest területének több mint 6%-át foglalja magába, a főváros egyik legdinamikusabban fejlődő része. Budapest legnépesebb kerülete (150 978 fő), a KSH (2017) adatai alapján a lakások száma is itt a legmagasabb (79 082 db). Igen változatos beépítettségű, a sűrűn és ritkán beépített lakóövezetek mellett találhatók itt többek között ipari, kereskedelmi területek, irodaépületek, vasutak, valamint parkok, erdők is. A kerület egyre népszerűbb az ingatlanfejlesztések terén. Több közlekedési csomópont található a kerületben, az M1 és az M7 autópálya a kerületen keresztül éri el a fővárost, így a közúti forgalomból adódó környezeti terhelés jelentős. Emellett a Kelenföldi pályaudvar – a 4-es metró 2014-es átadásával és a felszíni tömegközlekedés átszervezésével – ma már nagyobb forgalmat bonyolít le, mint a Déli pályaudvar.

A mérések egy hallgatói expedíció keretében történtek 2018 nyarán (Rumpler, 2018). Ennek során 4 napon keresztül naponta 4 időpontban mértük a felszínhőmérsékleteket 2018. július 2. 13:00-tól július 5. 14:00-ig. A mérések a megadott időszakban a következő időpontokban zajlottak: délelőtt 9:00–10:00 között, a legnagyobb napmagasság idején 13:00–14:00 között, késő délután 17:00–18:00 között és este napnyugta után 21:00–22:00 óra között, így összesen 13 mérési sorozat készült. Két vizsgálati területen történtek mérések: a kerület legnagyobb közparkjában, a Bikás parkban, és a forgalmas, sűrűn beépített Móricz Zsigmond körtéren. A Bikás parkban 37, a Móricz Zsigmond körtéren pedig 17 különböző ponton rögzítettük a felszínhőmérséklet értékét egy Voltcraft IR-280 típusú infrahőmérő segítségével.

A Bikás parki mérőpontok elhelyezkedését a 2. ábra, részletes felsorolását az 1. táblázat tartalmazza. A mérőpontok között természetes és mesterséges anyagok egyaránt megtalálhatók: víz, csupasz talaj, gyeperje, fa, kő, salak, üveg, fém, műanyag, valamint különféle színű beton és rekortán felületek felszínhőmérséklete került rögzítésre.



2. ábra: Mintavételi pontok (37 db) a Bikás parkban (Google Earth, 2018.07.).

1. táblázat: A Bikás parki mérőpontok és a felszíneik anyaga.

mérőpont sorszáma	mérőpont neve	felszín anyaga	mérőpont sorszáma	mérőpont neve	felszín anyaga
1.	piac tábla	beton	20.	stég palló	fa
2.	piac oszlop	fém	21.	murva	kő
3.	metró állomás	üveg	22.	fa	fa
4.	sötét viacolor	beton	23.	csupasz talaj	föld
5.	piros viacolor	beton	24.	köves aszfalt	aszfalt
6.	szürke viacolor	beton	25.	aszfalt	aszfalt
7.	sötét térkő	beton	26.	cserje	cserje
8.	világos térkő	beton	27.	panel	beton
9.	pad	fa	28.	játszótér	beton
10.	pad	fém	29.	bika szobor	fém
11.	asztal	beton	30.	csupasz talaj	föld
12.	Grosics szobor	fém	31.	szürke rekortán	rekortán
13.	Grosics szobor gyepe	gyep	32.	piros rekortán	rekortán
14.	fa alatti gyepe	gyep	33.	bicikli kormány	műanyag
15.	fa	fa	34.	fémcső	fém
16.	piros rekortán	rekortán	35.	tornaeszköz	fém
17.	piros burkolat	beton	36.	tenispálya	salak
18.	nád	nád	37.	focipálya, kék	rekortán
19.	tó	víz			

A Móricz Zsigmond körtéren kevésbé változatos felszínanyagokkal találkoztunk, így itt valamivel kevesebb mérőpont került kijelölésre. A pontok elhelyezkedését a 3. ábra, leírását a 2. táblázat tartalmazza. Itt a mesterséges felszínek vannak túlsúlyban: víz, csupasz talaj, gyep, fa, fém, műanyag, aszfalt és különféle színű betonfelületek hőmérséklete lett rendszeresen mérve.

A mérési időszak jelentős részében derült vagy gyengén felhős időjárás volt jellemző, az időszak elején az átlagosnál kissé alacsonyabb, később átlagos hőmérsékleti értékekkel. A nappali mérések idején azokon a mérőpontokon, ahol ez lehetséges volt, külön megmértük a

felület direkt napsugárzásnak kitett részének felszínhőmérsékletét, és külön a felület árnyékban lévő részét. Így abba is bepillantást nyerhetünk, hogy a közvetlen napsugárzás milyen mértékben emeli egy adott típusú felszín hőmérsékletét.



3. ábra: Mintavételi pontok (17 db) a Mórícz Zsigmond körtér környékén (Google Earth, 2018.07.).

2. táblázat: A Mórícz Zsigmond körtéri mérőpontok és a felszíneik anyaga.

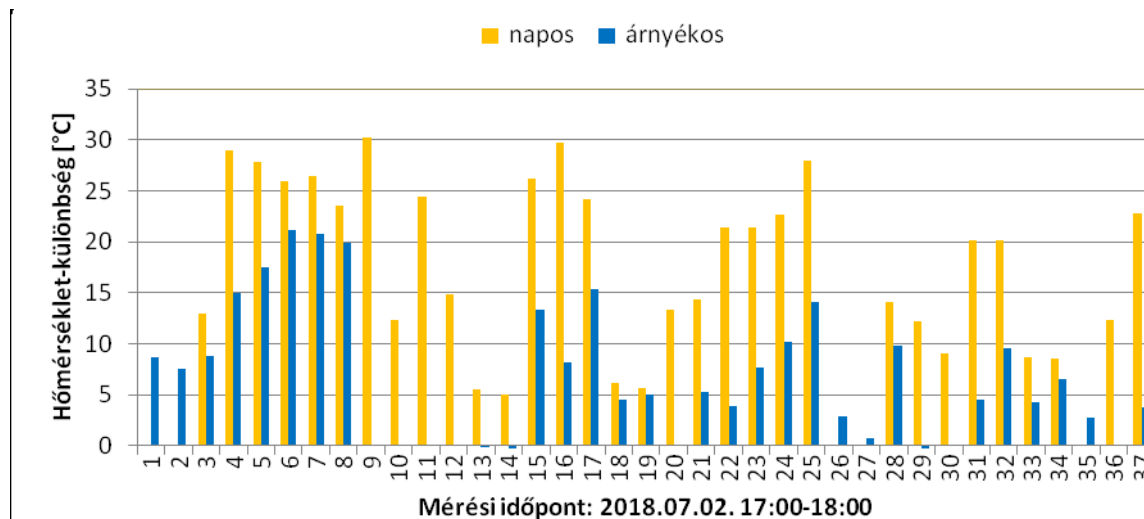
mérőpont sorszáma	mérőpont neve	felszín anyaga	mérőpont sorszáma	mérőpont neve	felszín anyaga
1.	metró állomás	üveg	10.	szürke viacolor	beton
2.	fapad	fa	11.	korlát	műanyag
3.	Bistro fal	beton	12.	villamos sín	fém
4.	gyep	gyep	13.	sínek közti aszfalt	aszfalt
5.	fa	fa	14.	aszfalt	aszfalt
6.	nád	nád	15.	világos térkő	beton
7.	sötét térkő	beton	16.	Allee talaj	talaj
8.	vörös viacolor	beton	17.	Allee víz	víz
9.	kék viacolor	beton			

Eredmények

Mivel méréseinket július elején, a csillagászatilag lehetséges legnagyobb napmagasság idején, alapvetően napsütéses, szélcsendes időben végeztük, ezért számítani lehetett arra, hogy a felszínhőmérsékleti adatokban rendkívül nagy különbségek jelenhetnek meg a különféle anyagok esetében, és a déli-délutáni órákban abszolút értékben is kiugróan magas hőmérsékleti értékeket mérhetünk. Ez be is igazolódott, ugyanis a négynapos expedíciós időszak alatt mért legalacsonyabb hőmérséklet 9 °C (Bikás park gyep (14. mérőpont) – 2018.07.02. 21–22h

mérés), a legmagasabb 61,2 °C (Bikás park szürke rekortán (31. mérőpont) – 2018.07.03. 13–14h mérés) volt.

A mérések értékelését többféle szempontból is elvégeztük. Elsőként külön-külön megvizsgáltuk az egyes időpontok mérési sorozatait mindkét helyszínen. Referencia értéknek az árnyékos csupasz talaj értékeit választottuk, ehhez viszonyítottuk a többi pont napos és árnyékos mérési adatait. A 4. ábrán a Bikás parknál 2018.07.02-án késő délután végzett mérések eredményei láthatók.



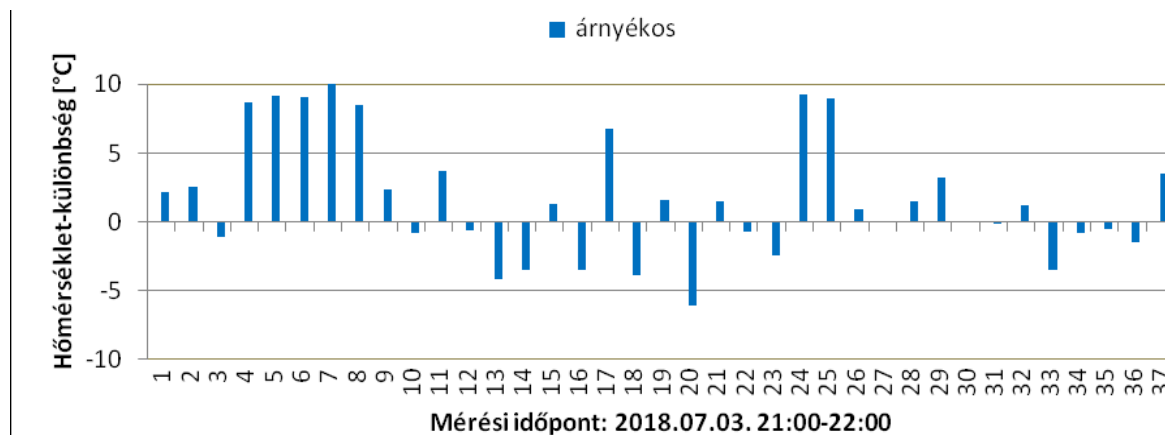
4. ábra: Az árnyékos csupasz talajhoz (30. mérőpont – hőmérséklete: 15,3 °C) viszonyított felszínhőmérséklet-különbségek a Bikás parknál 2018.07.02-án 17 és 18 óra között.

Bizonyos mérőpontokon vagy csak napos, vagy csak árnyékos felület állt rendelkezésre, de ahol mindkettőre el tudtuk végezni a mérést, ott értelemszerűen minden esetben a direkt sugárzásnak kitett felület bizonyult melegebbnek. Az azonos felszínanyagok esetében viszonylag kicsi, 5 °C alatti különbség tapasztalható a világos színű térkő, a nád, a víz, a játszótér betonja, a műanyag kerékpárkormány és a fém cső (8., 18., 19., 28., 33. és 34. mérőpontok) esetén. 15 °C-ot meghaladó különbséget mértünk egy fánál, valamint a piros, a szürke és a kék rekortán felületek (16., 22., 31. és 37. mérőpont) esetén. Utóbbi rávilágít az árnyékolás jelentőségére: a sportolási célra kialakított rekortán felületek rendkívül átforrósodnak, amennyiben direkt sugárzásnak vannak kitéve (a késő délutáni mérési időpontban 35 °C és 45 °C közötti felszínhőmérsékleti értékeket mértünk, de a déli órákban 60 °C feletti értékek is előfordultak), ugyanakkor megfelelő árnyékolás mellett felszínhőmérsékletük a 19 °C és 24 °C közötti tartományba esett.

A késő délutáni órákban a referenciaként használt árnyékos csupasz talaj (30. mérőpont) volt a leghűvösebb felszín (hőmérséklete: 15,3 °C), az összes mérési pontban magasabb hőmérsékletet mértünk ennél. A legnagyobb – 25 °C-ot meghaladó – különbségek, melyek 40 °C feletti felszínhőmérsékletet jelentenek, a napsugárzásnak kitett sötétebb (piros, szürke) színű viacolor felületek, a fafelületek, valamint a piros rekortán felület (4., 5., 6., 7., 9., 15. és 16. mérőpontok) esetén jelentek meg.

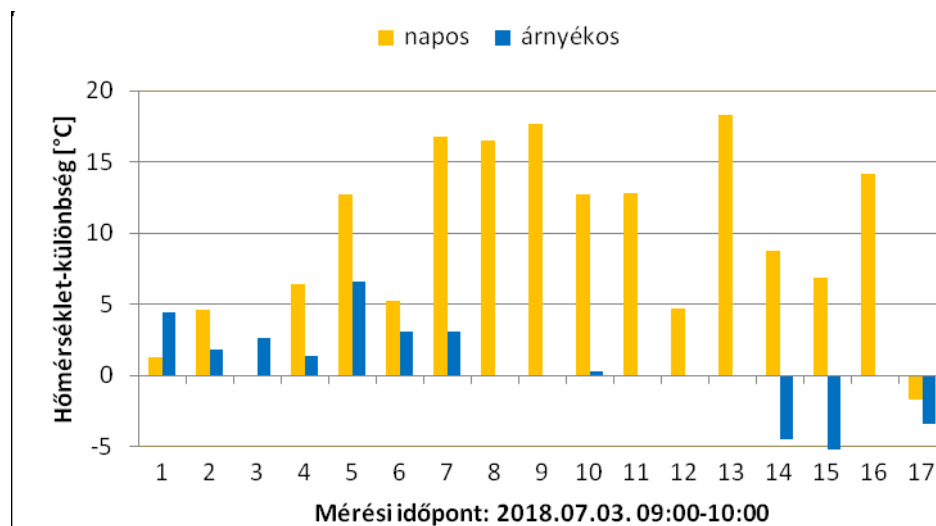
Este, napnyugta után a napközben tapasztaltakhoz képest jelentősen eltér az egyes mérési pontok felszínhőmérsékletének egymáshoz viszonyított alakulása, amint azt az 5. ábra is mutatja. Ilyenkor természetesen már nem kell a direkt sugárzás hatásával számolni, így minden pontban egy mérési eredmény áll rendelkezésre. Ebben az esetben is a csupasz talajt tekintettük referenciaértéknek, de ilyenkor nem ez a leghűvösebb felszín, 15 mérési pontban is alacsonyabb hőmérsékletet mértünk. A legalacsonyabb hőmérsékletű felszínek a gyeppelületek, a piros rekortán, a nád és a tóban található stég pallója (13., 14., 16., 18. és 20.

mérőpont). A legmelegebb felszínek a beton térkövek és az aszfaltfelületek (4., 5., 6., 7., 8., 24., 25. mérőpont).



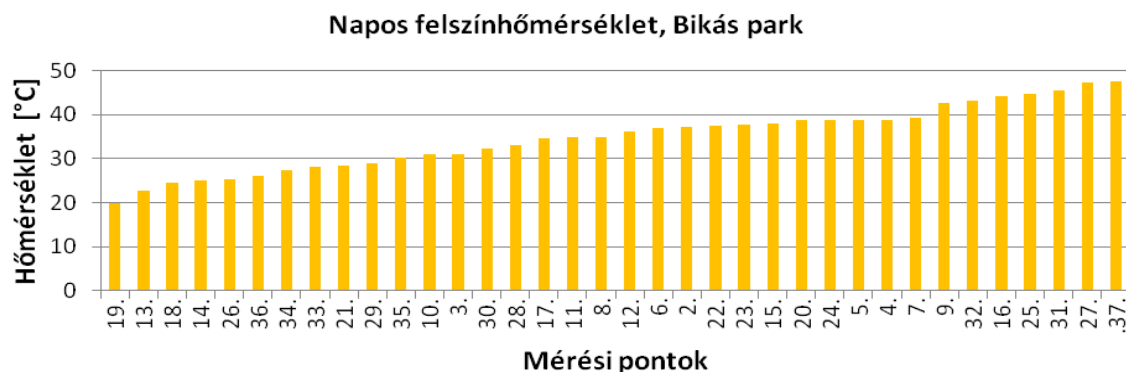
5. ábra: Az árnyékos csupasz talajhoz (30. mérőpont – hőmérséklete: 17,9 °C) viszonyított felszínhőmérséklet-különbségek a Bikás parknál 2018.07.03-án 21 és 22 óra között.

A Móricz Zsigmond körtérre vonatkozóan egy délelőtti mérés eredményeit mutatjuk be a 6. ábrán. Mivel július elején Budapesten közép-európai idő szerint 5 óra előtt néhány perccel kel a nap, ezért a délelőtti mérés idejére már jelentős hőmérséklet-különbség alakult ki a direkt sugárzásnak kitett és az árnyékos területek között. Az árnyékos csupasz talajhoz (16. mérőpont) képest hidegebb az árnyékos aszfalt, a világos térkő és a vízfelszín (14., 15. és 17. mérőpont). A legmelegebb felszínek a napsütötte sötét színű térkövek és a villamos sínek közötti aszfalt (7., 8., 9. és 13. mérőpont), e felszínek hőmérséklete már a délelőtti órákban meghaladta a 35 °C-ot.



6. ábra: Az árnyékos csupasz talajhoz (16. mérőpont – hőmérséklete: 21,9 °C) viszonyított felszínhőmérséklet-különbségek a Móricz Zsigmond körtéren 2018.07.03-án 9 és 10 óra között.

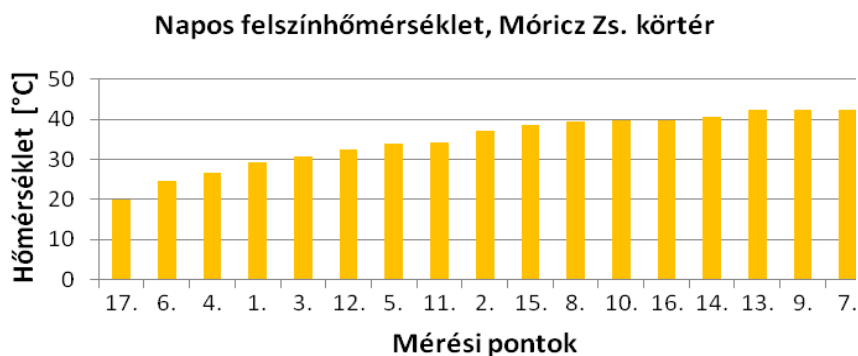
Annak érdekében, hogy általánosabb érvényű következtetéseket is le tudjunk vonni a felszínek színére, anyagára vonatkozóan, minden egyes mérési pontra vonatkozóan meghatároztuk az összes rendelkezésre álló nappali felszínhőmérséklet átlagát, majd a kapott értékeket nagyság szerint sorba rendeztük. A Bikás parkban a napsütésnek kitett mérőpontokon mért átlagos felszínhőmérsékletek adatsorát a 7. ábra mutatja be.



7. ábra: A 2018.07.02. és 05. között a nappali órákban mért napos felszínhőmérsékletek átlaga a Bikás parki mérőpontokon.

A leghidegebb mérőpontok a tó (19.), a gyepek (13. és 14.) és a nád (18.), ezek átlagos hőmérséklete 19 °C és 25 °C között alakult. A legmagasabb átlagos felszínhőmérsékletű pontok a futballpálya kék rekortánja (37.), a panelépület betonja (27.), a sportpálya szürke rekortánja (31.), az aszfaltút (25.), valamint a futópálya piros rekortánja (16., 32.), ezek átlagos felszínhőmérséklete a vizsgált napokon 40 °C és 50 °C között alakult.

A Móricz Zsigmond körtéren szintén a víz (17.), a nád (6.) és a gyepek (4.) a legalacsonyabb hőmérsékletű, ahogy azt a 8. ábra is mutatja. A legmelegebbek pedig a sötét színű térkövek és az aszfaltfelületek: a sötét térkő (7), a kék viacolor (9.), a villamossínek közötti aszfalt (13.) és az út aszfaltja (14.). A Bikás parkbéli hasonló értékekkel összevetve megállapíthatjuk, hogy a viacolorok, térkövek hőmérséklete a Móricz Zsigmond körtéren 1-2 °C-kal magasabb. Ennek oka az lehet, hogy a sűrűbb beépítés, a mesterséges felszínek nagyobb és a zöldfelületek kisebb aránya miatt itt jobban érvényesül a hősziget-hatás.



8. ábra: A 2018.07.02. és 05. között a nappali órákban mért napos felszínhőmérsékletek átlaga a Móricz Zsigmond körtéri mérőpontokon.

Összefoglalás

2018 júliusában egy négynapos hallgatói expedíció keretében felszínhőmérsékleti méréseket végeztünk Budapest XI. kerületében, a Bikás park és a Móricz Zsigmond körtér környékén. Az eredmények azt mutatják, hogy a nyári időszakban a direkt sugárzásnak kitett rekortán-, aszfalt- és betonfelületek melegszenek fel a legnagyobb mértékben, ezek felszínhőmérséklete az 50 °C-ot is meghaladhatja. Ezek az extrém meleg felületek nagy mértékben fokozni tudják a városi utcaszintben megjelenő hősziget-hatást, és a közelben tartózkodó emberek hőérzetét is kedvezőtlenül befolyásolják.

Vizsgálataink rávilágítanak a színek megválasztásának, valamint az árnyékolásnak a jelentőségére. A díszburkolatként használt térkövek esetén megállapítottuk, hogy a világos színűek

sokkal kedvezőbb termikus tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a sötétebb színűek. Az árnyékolás pedig különösen fontos a sportolási céllal kialakított rekortán felületeknél, ezek felszínhőmérséklete megfelelő árnyékolás mellett a normál hőmérsékleti tartományban marad, viszont e felületek napsütötte részei extrém forróvá válnak a nappali órákban.

További terveink között szerepel e vizsgálatok folytatása, kiterjesztve más évszakokra, időjárási helyzetekre, esetleg a kerület más részeire és újabb felszínanyagokra.




Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Rumpler Dániel környezettudomány szakon végzett hallgatót, aki a helyszíni méréseket végezte. Kutatásainkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap K120605 és K-129162 számú projektjei, az AGÁRKLI2 (VKSZ_12-1-2013-0034) projekt, az Európai Regionális Fejlesztési Alap Széchenyi 2020 programja az AgroMo projekt (GINOP-2.3.2-15-2016-0028) keretében, az Emberi Erőforrások Minisztériuma az ELTE Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (1783-3/2018/FEKUTSRAT) keretében, valamint az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.

Hivatkozások

- Dezső, Zs., Bartholy, J., Pongrácz, R., 2005: Satellite-based analysis of the urban heat island effect. *Időjárás*, 109(4): 217–232.
- KSH, 2017: Magyarország közigazgatási helynévkönyve. 2017. január 1. *Központi Statisztikai Hivatal*, Budapest, 226p.
- Landsberg, H.E., 1981: The urban climate. *Academic press*, 275p.
<https://doi.org/10.1002/qj.49710845719>
- Oke, T.R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455): 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Oke, T.R., 1988: The urban energy balance. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 12(4): 471–508. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>
- Ongjerth, R., Baranka, Gy., Bartholy, J., Berbekár, É., Bozsó, B., Gál, T., Gulyás, Á., Kántor, N., Kohán, Z., Kristóf, G., Lohász, C., Makra, L., Mika, J., Péti, M., Pongrácz, R., Rideg, A., Szegedi, S., Szilágyi, K., Unger, J., Zöld, A., 2011: Városlíma Kalauz. Döntéshozóknak és döntés-előkészítőknek. *Magyar Urbanisztikai Társaság*, Budapest, 28p.
- Probáld, F., 1965: A nagyváros éghajlati sajátosságai. Doktori értekezés, *Eötvös Loránd Tudományegyetem*, Budapest, 118p.
- Rumpler, D., 2018: A városi hősziget vizsgálata a XI. kerületben. Diplomamunka (témavezető: Dezső Zs.), *Eötvös Loránd Tudományegyetem Környezettudományi Centrum*, Budapest, 77p.
-

ORCID

- Dezső Zs.  <https://orcid.org/0000-0003-1325-1303>
- Pongrácz R.  <https://orcid.org/0000-0001-7591-7989>
- Bartholy J.  <https://orcid.org/0000-0002-3911-7981>